



SICE 2018

ou l'Art de l'Ingénieur

TPE Série S Sciences de l'Ingénieur

Mathias Balland, Benoit Fila, Paul Nautré

1 S2

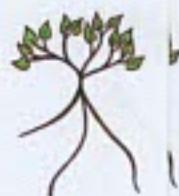


Table des matières

INTRODUCTION	3
ETUDE FONCTIONNELLE DU BESOIN	4
Définition du besoin	4
Méthode APTE	4
Diagramme des interactions	5
Cahier des charges fonctionnelles	6
Diagramme FAST	7
CONCEPTION STRUCTURALE	8
Schémas	8
Modélisation	8
Modélisation : cas de l'équerre supérieure latérale gauche	9
CONCEPTION MECANIQUE	10
Le système de store	10
Contrainte rotation libre	10
Contrainte de vitesse	11
CONCEPTION NUMERIQUE	13
Le contrôleur	13
Structure algorithmique	13
Gestion des entrées/sorties : le cas du système d'arrosage	13
Interface Web	15
GESTION DE PROJET	16
Stratégie de développement	16
Distribution des tâches	16

SICE 2018



Problématique budgétaire.....	17
CONCLUSION	18
REMERCIEMENTS	19
LIENS ET REFERENCES	20
Etude matériel.....	20
Etude logiciel.....	20
Citations.....	20



SICE 2018

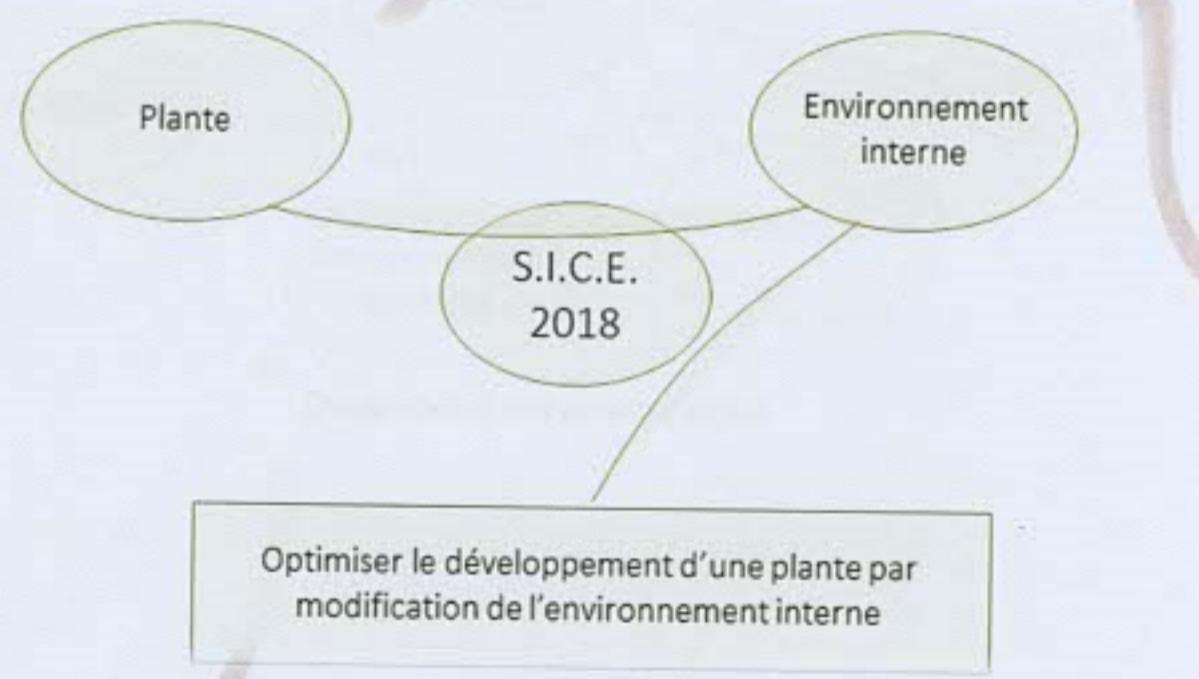
Etude Fonctionnelle du besoin

Définition du besoin

La priorité lors de la création d'un nouveau produit est l'assurance de la correspondance du produit en question à un besoin formulé par un groupe de potentiels acheteurs. La première étape de la création du produit est donc l'ouverture d'un dialogue entre concepteur et utilisateur. Ce dialogue est facilité par un ensemble d'outils normalisés qui permettent de synthétiser les exigences fonctionnelles et techniques. Nous avons donc voulu tester ces outils en les exploitant pour la SICE. Il est à noter que ces outils sont tous propriétaires et qu'il est donc interdit de les exploiter librement à but lucratif.

Méthode APTE

La méthode APTE, aussi connue sous le nom du « diagramme bête à corne », est le premier outil à utiliser. Celle-ci permet de résumer très rapidement la fonction théorique principale du produit et ses deux grands interacteurs. Plus pratiquement, le diagramme répond aux questions « quel est le produit ? », « sur quoi agit-il ? », « à quoi rend-il service ? », « dans quel but ? ». Dans notre cas, la serre agit sur l'environnement pour aider la plante dans son développement. Bien que ces informations puissent sembler évidentes, il est primordial de les noter selon un plan simple et compréhensible par tous pour le bon fonctionnement du projet.



METHODE APTE



SICE 2018

Diagramme des interactions

Le diagramme des interactions liste et organise les éléments qui interagissent avec le produit ou entre eux via le produit. En effet, un produit n'est jamais exploitable sans prendre en considération certains éléments comme l'énergie, l'utilisateur ou les normes. Ces éléments sont omniprésents et on les retrouve dans à peu près tous les diagrammes de ce type. Un produit donné possède également des interacteurs moins universels. Dans le cas de notre serre, on trouve notamment la plante et le milieu ambiant.

Le diagramme est organisé sous forme de fonctions : on nomme fonction principale (notée F_{px}) les interactions entre deux éléments via le produit. On nomme fonction contrainte (notée F_{cx}) les interactions entre un élément et la serre. Par exemple, ici l'utilisateur choisit les propriétés de l'environnement intérieur de la serre. L'interaction Botaniste-Environnement intérieur est donc une fonction principale (F_{p2}). En revanche, on considère que tant que la serre est alimentée en énergie, l'ensemble des systèmes de celle-ci seront fonctionnels. L'interaction Energie-SICE est donc une fonction contrainte (F_{c7}).



DIAGRAMME DES INTERACTIONS



Cahier des charges fonctionnelles

Le cahier des charges détaille les fonctions exprimées dans le diagramme des interactions. Il associe à chacune un intitulé, un ou plusieurs critères d'appréciation, un niveau d'exigence et une flexibilité. L'intitulé d'une fonction est une courte phrase à l'infinitif qui résume la fonction. Puisque, comme nous le disions plus tôt, certaines interactions sont plus ou moins universelles, nous retrouverons souvent les mêmes intitulés, comme « s'adapter à l'énergie » qui définit l'interaction Energie-Produit. Le critère D'appréciation est la propriété à laquelle se réfère la fonction. Dans le cas de la fonction contrainte d'esthétique, par exemple, les critères d'appréciation seront la taille et la couleur du système. Le critère d'appréciation est intimement lié au niveau d'exigence qui correspond aux valeurs attendues. Pour garder le même exemple, il est spécifié que la serre doit mesurer 50cm de haut, 40cm de largeur et 60cm de profondeur et que ses couleurs doivent être le blanc, le gris et le noir. Enfin, la flexibilité informe sur l'importance du respect des valeurs qui précédent. En effet, s'il est admissible que la serre porte quelques nuances de vert, il est impératif qu'elle transforme correctement l'énergie électrique qu'elle reçoit. La flexibilité varie de F0 (respect impératif) à F3 (libre).

Fc3: Etre esthétique	Taille Niveau sonore Couleur	H50cm,L40cm, P60cm gris, noir, blanc	F3/F2
Fc4: permettre à l'utilisateur de choisir les paramètres de l'environnement intérieur	Facilité d'accès à l'interface utilisateur Aisance d'usage	1s en local, 3s en mondial paramétrage complet par utilisateur lambda en 2min	F1
Fc5: Résister à l'environnement extérieur	Resistance a la chaleur, humidité, vent, froid	En fonctionnement sous 10-35°C, 10-50%hum, 0-30km vent	F1
Fc6: Respecter les normes	Normes électriques Normes mécaniques Normes Web	Connection réseau Edf Connection web sur Equipment Free & Orange	F0
Fc7: S'adapter à l'énergie	Réseau Edf	U=230V, f=80hz	F0



SICE 2018

Diagramme FAST

Le diagramme FAST est la dernière étape de l'analyse du besoin. Il est en fait le pont entre l'analyse fonctionnelle et l'analyse technique. Le principe est d'inscrire les fonctions principales et contraintes à gauche du diagramme et d'aller à partir de là vers un ensemble de solutions techniques répondant aux besoins sous la forme d'une arborescence horizontale. Prenons encore un exemple : nous avons la fonction principale « Reproduire un environnement adapté aux besoins de la plante ». Pour cela, on cherche à agir d'une part sur l'air, d'une autre sur la terre. L'intérieur de la serre doit en effet être éclairé, assombri, chauffé et refroidi (par renouvellement de l'air). Les solutions techniques sélectionnées sont donc un éclairage LED, un store automatique, une lampe chauffante infrarouge et un ventilateur. La terre doit être arrosée. Le système d'arrosage idéal se composera donc d'une pompe à eau en 12V et d'un cerceau d'arrosage.

Il est compréhensible que cette étape demande certaines connaissances techniques. Mais il est plus surprenant de remarquer à quel point ces connaissances techniques sont insuffisantes sans l'analyse fonctionnelle préalable.

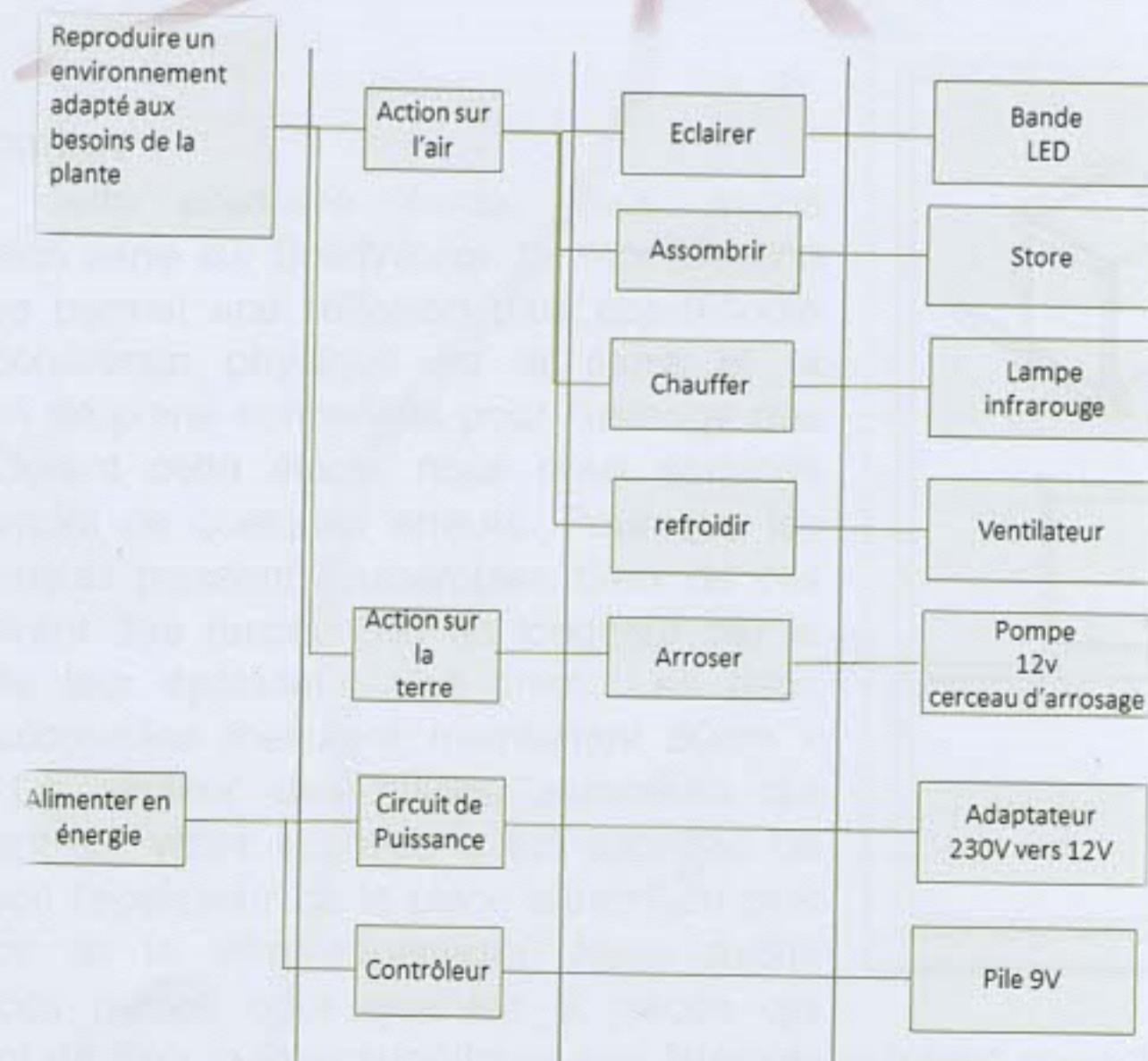


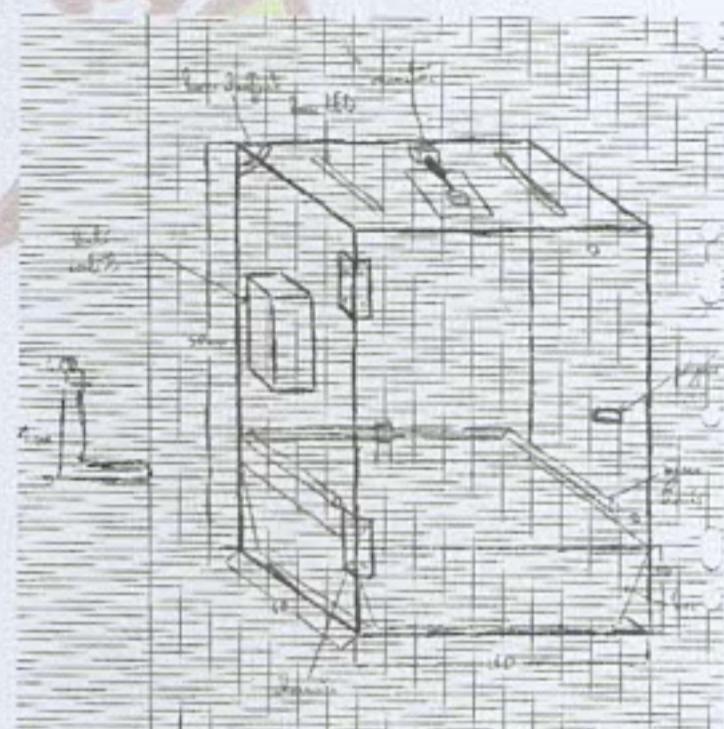
DIAGRAMME FAST (PARTIEL)



Conception structurale

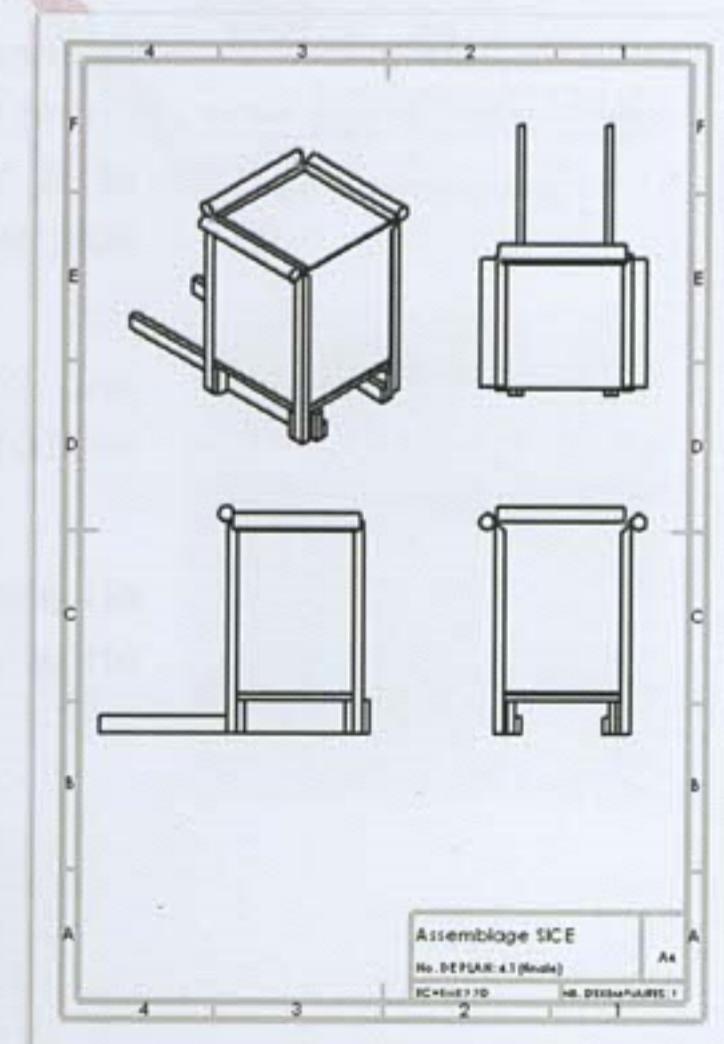
Schémas

Nous avons tout d'abord conçu le design de notre serre à l'aide de plusieurs schémas afin de mettre facilement nos idées dans un ensemble de documents. Nous avons choisi un design cubique. Nous avons également réfléchi aux mesures optimales des pièces. La base de la serre mesure 40cm x 40cm. Les vitres latérales, en plexiglas mesurent 50cm x 40cm. La vitre située au-dessus mesure quant à elle 40cm x 40cm soit comme la base. Les barres d'aluminium qui soutiennent les vitres sont d'une longueur de 62cm, en comptant l'épaisseur de la base ainsi que la hauteur des pieds de base. Pour fixer la vitre supérieure aux vitres latérales, 3 pièces en aluminium sont ajoutées, d'une longueur de 40cm.



Modélisation

Suite à cette première étude, nous avons modélisé la serre sur SolidWorks. La modélisation numérique permet une réflexion plus approfondie sur la cohérence physique de la serre et la génération de plans normalisés pour l'usinage des pièces. Durant cette étape, nous nous sommes rendu compte de quelques erreurs. Pour que les vitres en plexiglas puissent s'assembler, deux de ces vitres doivent être raccourcies en longueur par le double de leur épaisseur, soit 5mm. Les deux pièces raccourcies mesurent maintenant 50cm x 39,5cm. La hauteur des pièces en aluminium qui soutiennent les vitres latérales a été allongée de 4,5mm, soit l'épaisseur de la pièce aluminium plus l'épaisseur de la vitre supérieure. Nous avons allongé ces pièces pour que les 3 pièces qui permettent de fixer la vitre supérieure aux latérales puissent correctement se placer.





Modélisation : cas de l'équerre supérieure latérale gauche

Nous allons maintenant décrire comment a été modélisé la pièce équerre supérieure latérale gauche sur le logiciel SolidWorks 2016. Cette pièce en aluminium renforce la liaison des plaques de plexiglas gauche et supérieure. La particularité de celle-ci est qu'elle doit permettre le coulisser de la porte (ne pas obstruer)

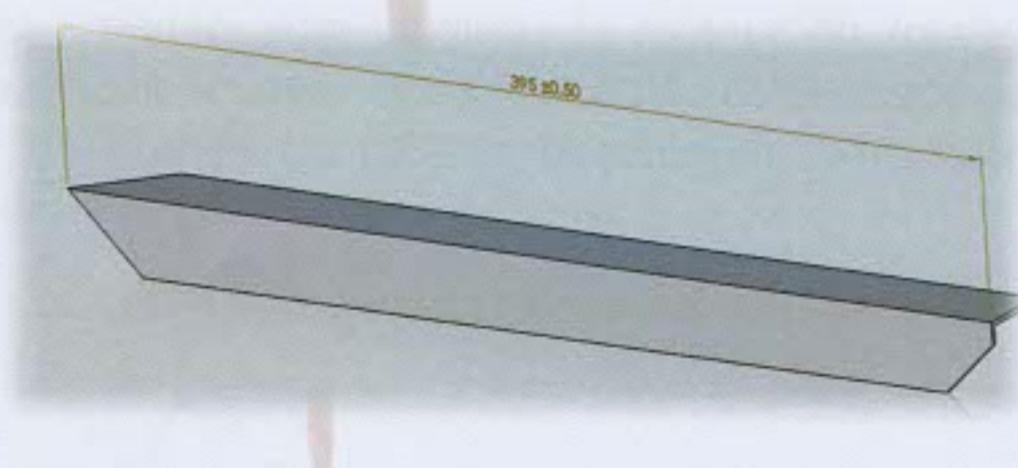
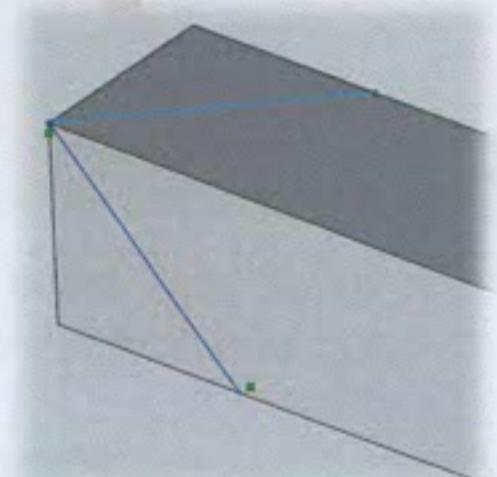
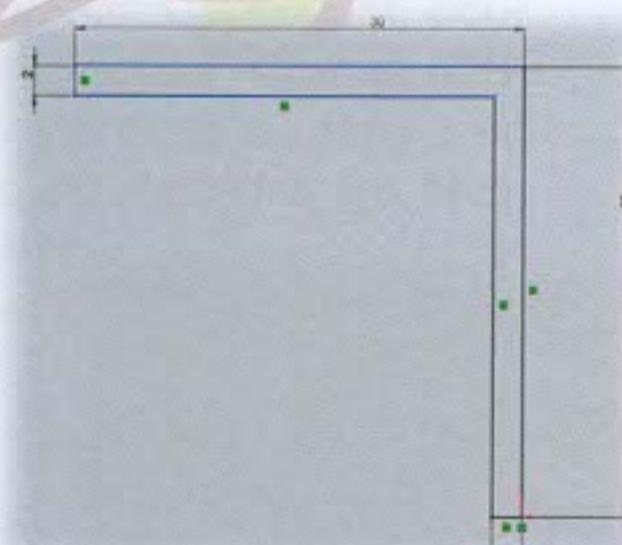
Pour commencer, nous avons dessiné le profil de la pièce. Toutes les mesures ont pour unité de longueur le millimètre. Nous avons choisi 30mm de côté pour avoir un espace suffisant pour pouvoir placer les vitres plexiglas. Nous avons choisi 2mm d'épaisseur afin de pouvoir visser les pièces entre elles.

Nous voulions par la suite donner du volume à notre pièce. Pour cela, nous avons utilisé l'outil « Base/Bossage extrudé ».

Cette pièce mesure 395mm car nous avons pris en compte qu'elle devrait laisser passer la porte d'épaisseur 2,5mm. Nous avons enlevé la moitié de cette épaisseur à la longueur de la pièce étudiée pour avoir une marge plus grande.

Nous avons ensuite coupé avec un angle de 45° une extrémité grâce à l'outil « Enlèvement De matière extrudé ».

Nous avons enfin découpé un angle de 135° à droite de l'autre extrémité de la pièce afin de laisser la porte coulisser.





Conception Mécanique

Le système de store

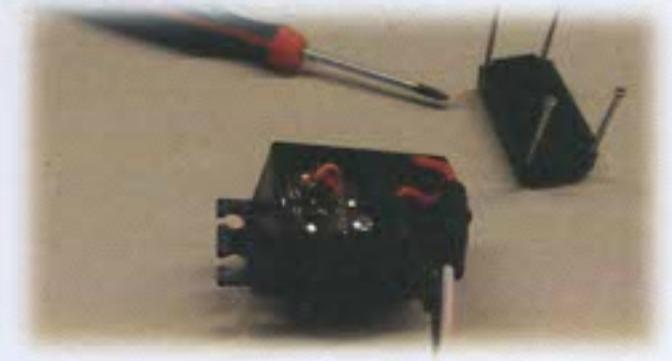
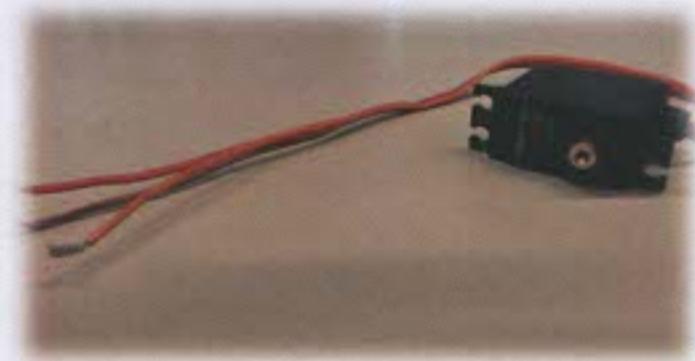
L'objectif de cet ensemble intégré à la SICE 2018 est de gérer la partie mécanique de l'enroulement et du déroulement du store déroulant de la SICE 2018. Lors de la recherche de solutions pour la gestion de l'éclairage, nous avons immédiatement pensé à un système de store déroulant constitué d'un textile s'enroulant autour d'un axe actionné par un moteur. Cependant, pour des raisons budgétaires, nous n'avions qu'un servomoteur Corona DS-319MG, limité à une rotation de 180 degrés. Nous avons donc fait face à un certain nombre de contraintes auxquelles nous avons dû répondre. En effet, pour l'enroulement du volet, nous avions besoin de certains paramètres qui n'étaient initialement pas présents sur le moteur.

Contrainte rotation libre

Le premier problème à traiter fut celui de la limite de rotation du moteur. En effet, étant un servomoteur, il était par défaut limité à une rotation maximale de 180°, or nous avions besoin d'une rotation libre, c'est-à-dire aucune limite de rotation pour pouvoir enrouler notre volet en autant de tours que nécessaire. Pour ce faire, nous avons dû modifier le moteur pour qu'il réponde à nos attentes.

La première chose à modifier sur le moteur concernait la partie mécanique du servomoteur. En effet, dans le réducteur intégré à ce dernier, il y avait deux pièces empêchant la rotation libre du moteur. Nous avons dû les retirer.

Cependant, en plus de la limite mécanique, il existait aussi une limite électronique. En effet, le servomoteur est équipé d'une puce électronique qui assure la synchronisation du potentiomètre et de la position du moteur. C'est grâce à cette puce que le servo est contrôlé. Afin d'utiliser le moteur en rotation continue, nous avons donc décâblé cette puce et redirigé les bornes du moteur directement vers notre contrôleur.





SICE 2018

La solution utilisée pour pouvoir aussi verrouiller le moteur dans une position a donc été de positionner une vis sans fin après le moteur. En effet, une vis sans fin possède une entrée et une sortie : tourner l'axe en entrée mets en mouvement l'axe de sortie, mais il est impossible d'effectuer l'action inverse.

Contrainte de vitesse

La seconde contrainte sur ce sous système était la régulation de la vitesse. Le filet de la vis sans fin étant de 1, et le nombre de dents de la roue dentée étant de 8, nous avions, en plus du verrouillage, une réduction de vitesse de 1/8. Bien qu'elle ne fut pas utile ici, nous ne pouvions la réduire.



VIS SANS FIN

$$r = \frac{\omega_s}{\omega_e} = \frac{Z_e}{Z_s}$$

$$r_1 = \frac{Z_{vis\ sans\ fin}}{Z_{roue\ dentée}} = \frac{1}{8}$$

La vitesse de sortie de notre moteur étant de 36rpm, du fait de la réduction de la vis sans fin, nous avions une vitesse de 4.5rpm, ce qui n'était objectivement pas assez rapide pour l'enroulement du volet. Aussi, nous avons dû rajouter une accélération en enchaînant des roues dentées de différentes tailles. Nous avons donc créé un premier engrenage avec une roue de 24 dents en entrée et une roue de 8 dents en sortie, réalisant ainsi une accélération. Cependant, la vitesse de rotation après cette première accélération était encore insuffisante pour enrouler le volet assez rapidement. Aussi, nous avons augmenté une deuxième fois la vitesse de sortie. Pour ce faire nous avons encore une fois ajouté une roue de 24 dents en entrée et une roue de 8 dents en sortie pour une deuxième accélération identique, ce qui a encore augmenté la vitesse de sortie.



SICE 2018



$$r = (-1)^n \times \frac{\text{Produit des } Z_{\text{roues menantes}}}{\text{Produit des } Z_{\text{roues menées}}}$$

$$r_2 = (-1)^2 \times \frac{24 \times 24}{8 \times 8} = 9$$

Ainsi, grâce à ce réducteur et ces deux accélérateurs, nous avons pu contrôler la vitesse de sortie finale de cet ensemble.

$$\theta_{\text{sortie}} = \theta_{\text{entrée}} \times r_1 \times r_2 = 36 \times \frac{1}{8} \times 9 = 40,5 \text{ rpm}$$

Après cet ensemble de roues, de vis sans fin et de train d'engrenages, nous obtenions donc une vitesse de sortie de 40,5rpm, ce qui nous permettait d'enrouler le volet encore plus vite que sans cet ensemble, tout en ajoutant en plus le verrouillage du moteur.



Conception numérique

Le contrôleur

L'ensemble des systèmes électroniques de la serre sont synchronisés par un module Arduino Uno R3. Ce module a été sélectionné pour sa flexibilité et sa simplicité. Peu onéreux, il est entouré d'une large communauté Web qui propose une aide à la résolution efficace. La carte Arduino est composée de 14 broches d'entrées/sorties numériques 5V permettant de contrôler des relais et de 6 entrées analogiques compatibles avec un grand panel de capteurs, le tout programmable en un dérivé du C++ via un câble USB et un IDE développé par la société Arduino. Nous avons étudié le langage sur le site OpenClassroom.com et avons ainsi pu commencer les premiers tests fonctionnels de la serre.

Structure algorithmique

Le code final de la SICE, SICE 5.1 est, comme le veut la syntaxe Arduino de base, composé d'une fonction nommée `setup`, exécutée à chaque redémarrage du système et d'une fonction `Loop` qui, comme son nom l'indique, se ré exécute en boucle jusqu'à extinction du système. La fonction `setup` permet la récupération des données sauvegardées, sélectionne un mode de fonctionnement (online ou offline), lance la mise en place du serveur Web, vérifie le bon fonctionnement de l'ensemble de périphériques et reconstruit les variables utiles au fonctionnement global. La fonction `Loop` surveille l'interface web et synchronise les données, récupère les valeurs aux capteurs et gère les sorties du système. Elle assure également l'affichage d'un ensemble d'informations sur la sortie PC directe de la carte (moniteur série intégré à l'IDE).

Gestion des entrées/sorties : le cas du système d'arrosage

Nous étudions ici avec plus de précision la gestion du système d'arrosage. En entrée, un capteur d'humidité dans la terre renvoie une valeur comprise entre 0 et 950 sur le pin analogique A0. La fonction de gestion du serveur récupère une valeur sélectionnée par l'utilisateur comprise entre 0 et 100 correspondant à un pourcentage d'hydrométrie. En sortie, une pompe 12V contrôlée par un relais KM1, lui-même dépendant du pin numérique X de la carte, assure l'apport en eau en fonction d'une variable booléenne `ordre[1]` (sa valeur ne peut être que 0 ou 1). $f(x) = x \cdot \frac{2}{19}$
FONCTION DE MAPPAGE



Le capteur est contrôlé dans une sous fonction de Loop. L'ordre d'exécution est le suivant :

- ⇒ La valeur utilisateur est récupérée et décryptée par la fonction de gestion du serveur.
- ⇒ La valeur au pin A0 est récupérée.
- ⇒ La valeur mesurée est ramenée dans l'intervalle [0 ;100] à l'aide d'une fonction de mappage.
- ⇒ La valeur modifiée est comparée à la valeur utilisateur.
- ⇒ Si la valeur mesurée est supérieure ou égale à la valeur utilisateur,
Alors ordre[1] prend la valeur 0
- ⇒ Sinon,
Alors ordre[1] prend la valeur 1

Le relais KM1 est ainsi activé et désactivé en fonction de la variable ordre[1]. Afin d'éviter une éventuelle inondation, un compteur assure un temps minimum entre 2 cycles d'arrosage :

- ⇒ Si ordre[1] vaut 1 et si le compteur est au-delà de 2 minutes :
Alors on affiche « lancement d'un cycle d'arrosage ». KM1 est activé.
On attend 5 secondes.
KM1 est désactivé.
On affiche « fin d'un cycle d'arrosage ». Le compteur est réinitialisé et relancé.
- ⇒ Sinon :
On affiche « Aucun cycle arrosage ».

Ordre[1]	Compteur	KM1
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

TABLE DE VERITE DU RELAIS KM1

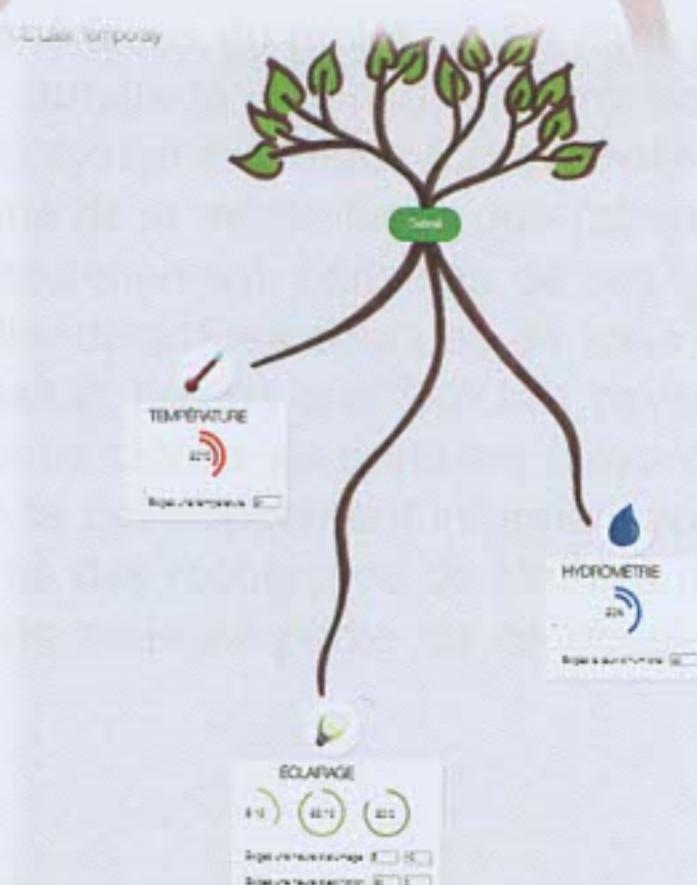
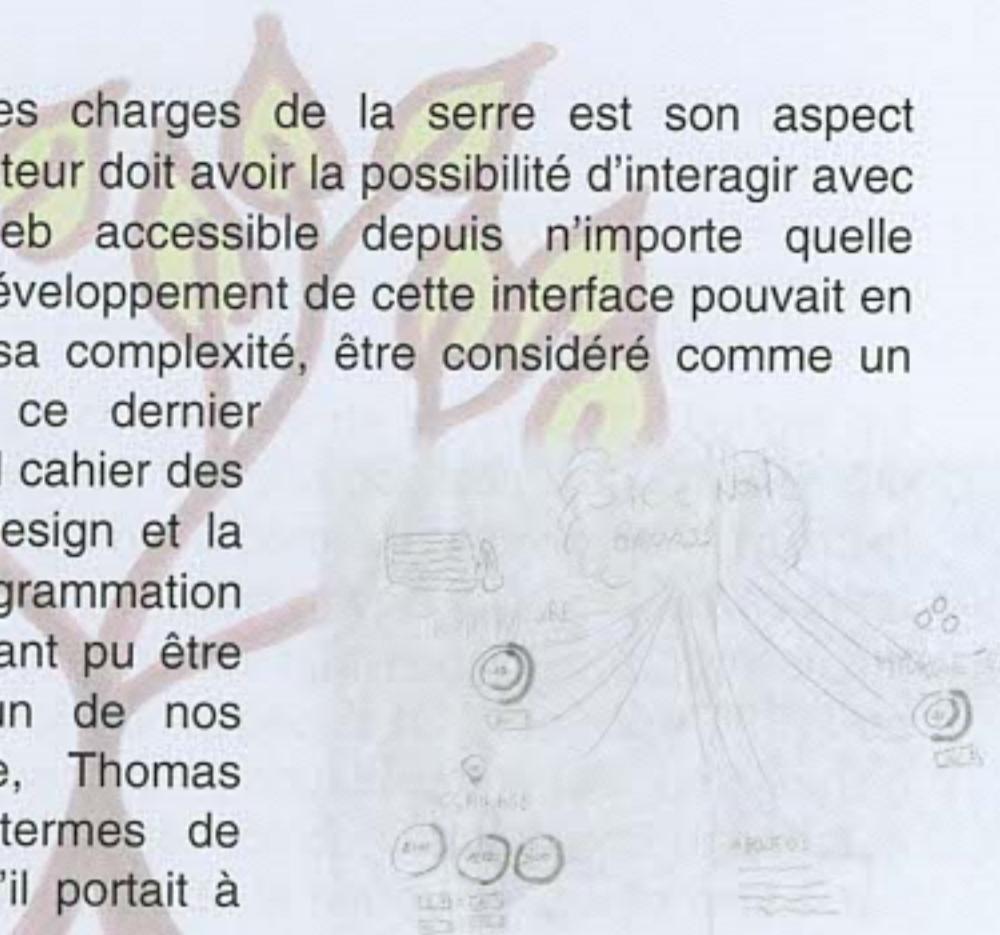


SICE 2018

Interface Web

L'une des fonctions du cahier des charges de la serre est son aspect connecté. Cela implique que l'utilisateur doit avoir la possibilité d'interagir avec celle-ci depuis une interface Web accessible depuis n'importe quelle connexion au réseau mondial. Le développement de cette interface pouvait en vérité, de par son importance et sa complexité, être considéré comme un projet à part entière. En effet ce dernier nécessitait à lui tout seul un second cahier des charges, une nouvelle étude de design et la maîtrise d'un langage de programmation secondaire. Cette fonction a pourtant pu être remplie grâce au soutien de l'un de nos camarades extérieurs au groupe, Thomas Ekindy, dont les capacités en termes de programmation Web et l'intérêt qu'il portait à notre projet ont été bienvenus.

Nous voulions que l'interface offre à l'utilisateur une expérience de simplicité, d'esthétique et d'efficacité. Emetteur récepteur, la page devait permettre de sélectionner tous les paramètres du système avec l'assurance de la réceptivité, tout en rapportant une sélection de grandeur physique mesurée en direct dans la serre : température, hydrométrie, éclairage. Après avoir identifié les fonctionnalités de l'interface, nous avons ouvert un débat sur son design. C'est dans ce débat qu'est né notre logo, l'arbre à trois racines. Suite à cette création graphique est venu le temps de la programmation : la partie visuelle (HTML, CSS PHP) a été confiée aux soins de notre ami Thomas tandis que nous développions parallèlement l'aspect communication sur le réseau de la machine. Après de nombreux essais infructueux, l'interface était finalement en place.





Gestion de Projet

Stratégie de développement

Au-delà des difficultés techniques, les contraintes de temps et de budget qui ont surgi au cours de notre projet nous ont très vite poussés à développer une stratégie réfléchie, visant des objectifs à notre portée. La gestion de projet est en effet une aptitude de l'ingénieur, étape inévitable pour la concrétisation de projets en entreprise. C'est pour cette raison que nous avons rapidement décidé de faire de cette gestion de projet un aspect détaillé de notre TPE. Une fois notre sujet et notre problématique définis, nous devions fixer un planning et partager les tâches dans le groupe au service de notre objectif principal, à savoir la conceptualisation et la conception de la serre intelligente connectée et équipée. Nous avons décomposé ce dernier en un sous-ensemble d'objectifs plus précis qui, une fois validés, permettraient l'évolution du projet dans sa globalité.

Distribution des tâches

Ainsi, l'ensemble des tâches relatives à la conception structurale de la serre et notamment à ses applications sur SolidWorks furent confiées à Benoit. Celui-ci a également tenu le rôle de secrétaire du groupe, validant au fur et à mesure le « journal de bord » exigé par les encadrants. Mathias prenait en charge principalement toutes les recherches relatives au système de store que l'aspect mécanique rendait particulièrement complexe. Paul travaillait sur les sous-ensembles électroniques et numériques du projet, cadre dans lequel il a sollicité l'aide de Thomas Ekindy, camarade extérieur au groupe, pour le développement de l'interface Web du système. L'étude fonctionnelle du projet a été l'œuvre d'une réflexion commune de la même façon que l'aboutissement matériel du prototype fonctionnel. Naturellement, certaines de ces tâches ont demandé un investissement particulier durant les séances en salle de cours. Par exemple, la modélisation nécessitait l'accès aux logiciels payants mis à disposition par l'établissement. D'autres tâches se prêtaient d'avantage à un travail personnel à domicile, comme le développement informatique. Ainsi, le lycée a été témoin d'une grande partie des recherches de Mathias mais toute la mise en place du prototype et une majeure partie de ce dossier ont été réalisés à l'extérieur.



SICE 2018

Problématique budgétaire

Nous avons montré notre gestion intelligente du projet lorsque, alors que le travail était lancé, l'administration nous a informés que nous ne pourrions recevoir aucun financement avant le 1^{er} janvier du mois et qu'aucun frais ne seraient remboursés avant cette date. Chaque membre de l'équipe étant spécialiste d'un aspect du projet nous avons rapidement estimé que celui-ci pouvait néanmoins être maintenu malgré la contrainte financière et sous réserve d'un modique investissement financier de chacun. Cette modification a tout de même eu un impact positif sur le projet puisque qu'elle nous a poussés à revoir à l'économie certaines de nos ambitions, troquant par exemple un moteur parfaitement adapté à nos besoins contre un servo modifié par nos soins qui, en définitive, aura parfaitement convenu.



Conclusion

Le développement du système SICE 2018 nous a permis de nous projeter dans l'univers de l'ingénierie et de ses applications. En effet, nous avons pu, nous mettre dans le rôle d'un ingénieur en exploitant des outils d'analyse et de conception réservés au développement et à l'optimisation de projets pluritechniques.

Ainsi, l'analyse fonctionnelle de notre produit a été rendue possible grâce à l'utilisation de nombreux diagrammes propriétaires tels que la méthode APTE ou encore le diagramme FAST.

Pour la conception technique, nous avons également utilisé le logiciel de conception volumique Solidworks2016 by Dassault Systèmes®, logiciel couramment utilisé dans divers secteurs industriels tel que l'aérospatial.

Lors de la conception mécanique de notre projet, nous avons exploré de nombreuses documentations industrielles que nous avons appris à lire et exploiter, pour modifier et intégrer les systèmes retenus. De plus, nous avons pu exploiter les connaissances acquises lors des cours de sciences de l'ingénieur et de nos expériences ultérieures pour redévelopper ces systèmes.

Pour l'aspect conception numérique, nous avons utilisé l'environnement de développement Arduino et les ressources que celui-ci propose, à savoir une large communauté. Nous avons également utilisé des tables de vérité pour modéliser le fonctionnement du système.

La gestion de projet était aussi primordiale lors de notre TPE. En effet, notre sujet étant vraiment large, nous avons réparti les tâches à l'intérieur de notre groupe de manière à optimiser notre efficience. Ainsi, après une première phase commune, nous avons chacun étudié et développé une partie sans pour autant négliger un dialogue efficace, avant une mise en commun qui nous a permis la finalisation de notre système. Malgré cette organisation, nous n'avons pu éviter certains désagréments auxquels nous avons dû apporter des solutions, acceptant d'engager un tournant majeur dans notre projet.

La finalisation de ce TPE a confirmé chez certains d'entre nous le projet d'étude supérieur orienté dans l'ingénierie. Nuançons nous cependant, puisque, comme disait Marcel Pagnol, « il faut se méfier des ingénieurs, ça commence par la machine à coudre, ça finit par la bombe atomique. ».



SICE 2018

Remerciements

Avant de clore ce dossier, nous voudrions exprimer quelques remerciements :

- ⇒ A Thomas Ekindy, dont l'aide, détaillée dans le dossier, a permis la bonne finalisation du Projet.
- ⇒ A M. Le Nuz et toute l'équipe pédagogique qui nous a encadrés dans notre projet.
- ⇒ A l'équipe du site OpenClassrooms, dont la philosophie de partage de la connaissance sur le numérique à permis l'accumulation de connaissances nécessaires à la mise en place d'un tel projet.



Liens et références

Etude matériel

- ⇒ Moteur Corona :
https://hobbyking.com/en_us/corona-ds-319mg-digital-metal-gear-servo-4kg-0-06sec-34g.html?store=en_us

Etude logiciel

- ⇒ Programmation Arduino :
<https://openclassrooms.com/courses/perfectionnez-vous-dans-la-programmation-arduino>
- ⇒ Programmation Javascript :
<https://openclassrooms.com/courses/dynamisez-vos-sites-web-avec-javascript>
- ⇒ Programmation Javascript (Progressbar) :
<https://kimmobrunfeldt.github.io/progressbar.js/>
- ⇒ Mouvement d'assemblage SolidWorks :
<https://youtu.be/UQF5PVEfNgs>

Citations

- ⇒ Définition de l'ingénieur :
[http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/ing%C3%A9nieur/43051*](http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/ing%C3%A9nieur/43051)
- ⇒ Marcel Pagnol :
<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/ing%C3%A9nieur/43051/citation>